МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та компютерних технологій
Кафедра системного проектування

Затверджено
На засіданні кафедри системного проектування
факультету електроніки та компютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол №1 від 28 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри: Шувар Р. Я.

Силабус з навчальної дисципліни "Викопродуктивний комп'ютинг", що викладається в межах ОПП "Кібербезпека" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності 125 – Кібербезпека та захист інформації

Львів 2023 р.

Назва	Високопродуктивний компютинг

дисципліни	
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та компютерних технологій Кафедра системного проектування
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 125 – Кібербезпека та захист інформації
Викладачі дисципліни	Шувар Роман Ярославович, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент
Контактна інформація викладачів	roman.shuvar@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації проводяться в день проведення лекційних та лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. , Головний корпус університету , вул. Університетська 1 , м. Львів.
Сторінка курсу	
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Високопродуктивний компютинг” є вибірковою дисципліною з спеціальності 125 “Кібербезпека та захист інформації” освітньої програми “Кібербезпека”, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	В курсі “ Високопродуктивний компютинг ” розглядаються основні поняття, цілі та задачі штучних нейронних мереж та глибинного навчання, принципи побудови різних типів глибинних штучних мереж та їхнє застосування для вирішення прикладних задач машинного навчання. Основна увага приділяється засвоєнню знань та отриманню навиків, відповідних сучасному стану розвитку галузі машинного та глибинного навчання, умінню практично застосовувати отримані знання. Предметом вивчення навчальної дисципліни є галузі штучних нейронних мереж та глибинного навчання, їхні поняття, задачі, методи та засоби для вирішення задач машинного навчання. Для закріплення теоретичних відомостей передбачений лабораторний курс.
Мета та цілі дисципліни	*Метою дисципліни “* Високопродуктивний компютинг *”* є надання студентам знань та розуміння термінів штучних нейронних мереж та глибинного навчання, а також навичок та вмінь для вирішення задач машинного навчання за допомогою глибинних штучних нейронних мереж. *Цілями дисципліни “* Високопродуктивний компютинг *”* є забезпечення знайомства студентів зі загальною термінологією штучних нейронних мереж та глибинного навчання, формування навичок їхнього практичного використання; отримання студентами знань для аналізу даних та вибору необхідної моделі глибинних штучних мереж та її гіперпараметрів для вирішення поставленої задачі; отримання студентами навичок та вмінь для аналізу та оцінки отриманих результатів, використовуючи статистичні методи оцінки.

Література для вивчення дисципліни	1. F. Chollet, *Deep Learning with Python, Second edition*. Shelter Island, NY, USA: Manning Publications Co., 2021, ISBN: 978-1-61729-686-4. 2. A. Géron, *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, Third edition*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2023, ISBN: 978-1-098-12597-4. 3. K. P. Murphy, *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2022. ISBN: 978-0-262-36930-5. Available: https://probml.github.io/pml-book/book1.html 4. J. VanderPlas, *Python Data Science Handbook, Second Edition*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2023. ISBN: 978-1-098-12522-8. 5. P. Baheti, "A Newbie-Friendly Guide to Transfer Learning," V7Labs Blog, Oct. 12, 2021. [Online]. Available: https://www.v7labs.com/blog/transfer-learning-guide 6. A. Amidi and S. Amidi, "Recurrent Neural Networks cheatsheet," CS 230 - Deep Learning cheatsheets, Stanford University. [Online]. Available: https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-230/cheatsheet-recurrent-neural-networks 7. R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice, 3rd Edition*. Melbourne, AU: OTexts, 2021. ISBN: 978-0-987-50713-6. Available: https://otexts.com/fpp3/ 8. K. P. Murphy, *Probabilistic Machine Learning: Advanced Topics*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2023. ISBN: 978-0-262-04843-9. Available: https://probml.github.io/pml-book/book2.html 9. A. Amidi and S. Amidi, "CS 230 - Deep Learning cheatsheets," Stanford University. [Online]. Available: https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-230/ 10. A. C. Muller and S. Guido, *Introduction to Machine Learning with Python, First Edition.* Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2016, ISBN: 978-1-449-36941-5. 11. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Couville, *Deep Learning*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2016. ISBN: 978-0-262-03561-3. Available: https://www.deeplearningbook.org 12. C. Olah, "Understanding LSTM Networks," colah's blog, Aug. 27, 2015. [Online]. Available: https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/ 13. K. P. Murphy, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2012. ISBN: 978-0-262-01802-9. Available: https://probml.github.io/pml-book/book0.html
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 180 годин. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 116 година самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення цього курсу студент буде: **знати**: основні поняття, визначення і проблеми курсу; вимоги до постановки основних задач штучних нейронних мереж та глибинного навчання; призначення та особливості застосування основних методів глибинного навчання. **вміти**: володіти математичним апаратом методів глибинного навчання; застосовувати штучні нейронні мережі та методи глибинного навчання для

	розв'язування прикладних задач машинного навчання; виконувати оцінку результатів навчання моделей глибинних штучних нейронних мереж. Курс забезпечує набуття таких компетентностей: ІК, КЗ 1, КЗ 2, КЗ 4, КЗ 5, КФ 2, КФ 9 та програмних результатів навчання: ПРН 2, ПРН 3, ПРН 4, ПРН 5, ПРН 6, ПРН 9-13, ПРН 17, ПРН 19, ПРН 33, ПРН 34, ПРН 44-46.
Ключові слова	Штучна нейронна мережа, глибинне навчання, глибинна штучна нейронна мережа, персептрон, багатошаровий персептрон, згорткова штучна нейронна мережа, передавальне навчання, рекурентна штучна нейронна мережа, генеративна нейронна мережа, трансформер, гібридна штучна нейронна мережа
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Див. **Схема курсу**
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення цього курсу студентам потрібні базові знання з курсів: - Програмування; - Методи та моделі дискретної математики; - Застосування теорії ймовірностей в кібербезпеці; - Застосування штучного інтелекту в кібербезпеці;
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекції, презентації, лабораторні роботи, написання есе, виконання індивідуальних завдань, обговорення, консультації для поглибленого розуміння тем, бесіда, ілюстрація, демонстрація); Дедуктивні методи на основі узагальнень; Евристичні методи (проблемна лекція); Інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 16 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1050 Ti 2048 MB), мультимедійне обладнання (в т.ч. проектор), доступ до мережі Інтернет, Moodle, BigBlueButton. Для проведення лабораторних занять: комп'ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 16 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1050 Ti 2048 MB), комп'ютерний клас, GPU-сервер з підтримкою NVIDIA CUDA (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 32 ГБ оперативної пам'яті, 100 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1080 Ti 2048 MB), Moodle, BigBlueButton. Необхідне програмне забезпечення: Python 3.9+, NumPy, pandas, matplotlib, scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch, вільне інтегроване середовище розробки для Python: Jupyter Notebook, Google Colab, PyCharm IDE Community Edition.
Критерії оцінювання	Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт із наступним співвідношенням:

(окремо для кожного виду навчальної діяльності)	• лабораторні роботи: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 70. Індивідуальний проект може бути виконаний як альтернатива лабораторним роботам та передбачає розробку комплексного проекту, який охоплює тематику курсу повною мірою, або детально розглядає окрему проблему чи задачу, та передбачає поглиблене самостійне вивчення матеріалу. Індивідуальний проект оцінюється на основі представлення результатів роботи та проміжних (чорнових) звітів кожного місяця навчального семестру або на основі представлення кінцевих результатів роботи в кінці семестру. • контрольні заміри (1 модуль): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 30. Модульне завдання здається впродовж 14-го тижня навчання у формі есе, написаного на основі аналізу наукової статті з глибинного навчання згідно індивідуального завдання об'ємом 8-10 сторінок друкованого тексту стандартного формату А4. Підсумкова максимальна кількість за курс – 100 балів. **Академічна доброчесність**: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом. **Література.** Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. **Оцінювання лабораторних робіт** (7 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 70) відбувається шляхом оцінки роботи студента у вигляді демонстрації виконаної роботи (0-5 балів за одну роботу) і здачі та захисту

	звіту по виконаній лабораторній роботі (0-5 балів за одну роботу). Кожна лабораторна робота оцінюється по 10 балів. Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням: 5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання; 4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками); 3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує неточно, або з помірними недоліками; 2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми функціонує з суттєвими недоліками; 1 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином; 0 – студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі. **Оцінювання модульного завдання** (1 модуль, максимальна кількість балів: 30) відбувається шляхом написання студентом есе на основі аналізу наукової статті з глибинного навчання згідно індивідуального завдання об’ємом 8-10 сторінок друкованого тексту стандартного формату А4. Бали оцінювання модульного завдання нараховуються за наступним співвідношенням: 30-24 – розглянута тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом. Наведені приклади коду повністю робочі та відповідають темі. Можуть бути присутні несуттєві помилки та невідповідності; 24-18 – відтворюється значна частина розглянутої теми. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни, проте присутні неточності та/або невідповідності основній темі. Наведені приклади коду частково робочі, проте в загальному відповідають темі; 18-12 – відстежується загальне розуміння розглянутої теми. Виявлені множинні неточності та невідповідності, пояснення наведеного коду відсутні, код функціонує із значними неточностями (або відсутні приклади запуску коду на виконання взагалі); 12-6 – студент погано розуміє розглянуту тему. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені приклади коду з суттєвими недоліками, або не відповідають темі; 6-0 – студент взагалі не розуміє розглянуту тему. Тему не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи. Наведений код не робочий, або відсутній як такий.

	Критерії отримання додаткових балів: Нарахування додаткових балів відбувається за написання тез доповідей, наукових статей, участь у діяльності наукового гуртка, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних IT компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.
Питання до контролю	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці курсу.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу
для студентів спеціальності 125 – Кібербезпека та захист інформації

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) **лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література. *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Штучні нейронні мережі. Основні поняття глибинного навчання. Частина 1.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 6	1 тиждень
1	Вступне заняття. Налаштування середовища та необхідного програмного забезпечення.	Лабораторна робота	[2], [3], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
2	Штучні нейронні мережі. Основні поняття глибинного навчання. Частина 2.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	1 тиждень
2	Лабораторна робота №1. Заняття 1. Створення та навчання багатошарового персептрона для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
3	Використання багатошарових персептронів для регресії та класифікації	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 6	1 тиждень
3	Лабораторна робота №1. Заняття 2. Створення та навчання багатошарового персептрона для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
4	Класифікація штучних нейронних мереж. Частина 1.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
4	Лабораторна робота №2. Заняття 1. Створення та навчання багатошарового персептрона для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
5	Класифікація штучних нейронних мереж. Частина 2.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
5	Лабораторна робота №2. Заняття 2. Створення та навчання багатошарового персептрона для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
6	Згорткові штучні нейронні мережі	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
6	Лабораторна робота №3. Заняття 1. Створення та навчання згорткової нейронної мережі для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
7	Архітектури згорткових нейронних мереж	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
7	Лабораторна робота №3. Заняття 2. Створення та навчання згорткової нейронної мережі для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
8	Техніки покращення точності та адаптації глибинних нейронних мереж	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], [7], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
8	Лабораторна робота №4. Заняття 1. Покращення точності класифікатора	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень

	зображень на основі згорткової нейронної мережі				
9	Рекурентні нейронні мережі. Частина 1.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], [8], [9], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
9	Лабораторна робота №4. Заняття 2. Покращення точності класифікатора зображень на основі згорткової нейронної мережі	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
10	Рекурентні нейронні мережі. Частина 2.	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], [8], [9], Сайт курсу	2 6	кінець поточного тижня
10	Лабораторна робота №5. Заняття 1. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
11	Застосування рекурентних нейронних мереж	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], [8], [9], [10], Сайт курсу	2 6	кінець поточного тижня
11	Лабораторна робота №5. Заняття 2. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
12	Генеративні нейронні мережі	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
12	Лабораторна робота №6. Заняття 1. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для багатовимірного прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
13	Штучні нейронні мережі на основі трансформерів	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 6	кінець поточного тижня
13	Лабораторна робота №6. Заняття 2. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для багатовимірного прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
14	Гібридні штучні нейронні мережі	Лекція Самостійна робота	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
14	Лабораторна робота №7. Дослідження роботи генеративних моделей для створення зображень на основі текстового опису	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	1 тиждень
15	Модульне заняття	Лекція Самостійна робота	Сайт курсу	2 6	кінець поточного тижня
15	Захисне лабораторне заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Залікове заняття	Лекція Самостійна робота	Сайт курсу	2 8	кінець поточного тижня
16	Захисне лабораторне заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня